

- Road Safety
- Road Engineering
- Geotechnical Engineering

REKABENTUK GEOMETRIK JALAN

Kertas Kerja 1: Kriteria-kriteria Untuk Pemilihan Jajaran Jalan

Menjajar jalan atau '*route location*' boleh dianggap sebagai permulaan bagi sesuatu proses rekabentuk jalan. Proses rekabentuk jalan akan bermula setelah data ukur tanah atau *survey data* termasuk segala lukisan ukur telah diperolehi daripada jurukur tanah. Tapi bagaimanakah cara seseorang perekabentuk itu menentukan jajaran jalan yang akan dibina nanti?

Beberapa kriteria perlu di ambil kira semasa menentukan jajaran jalan. Bukan setakat melihat pada data atau lukisan yang disediakan oleh jurukur tanah atau sekadar menggunakan *Google Earth*, malah perekabentuk sendiri perlu turun ke tapak untuk lebih mengenalpasti keadaan sebenar supaya rekabentuk yang dihasilkan tidak mendatangkan masalah di kemudian hari.

1.0 Pengenalan

Keputusan awal untuk membina sesuatu jalan di sesuatu kawasan adalah satu keputusan yang kritikal dimana ianya turut memberi kesan dari aspek sosial, ekonomi, politik dan keselamatan.

Jajaran jalan atau *road alignment* boleh didefinisikan sebagai satu garisan (sama ada lurus atau berliku) di atas permukaan tanah yang menghubungkan satu titik permulaan (*starting point*) ke satu titik akhir (*end point*) dimana ianya memenuhi keperluan atau matlamat sesuatu projek yang dirancang. Jajaran jalan itu sendiri perlu menggabungkan elemen-elemen rekabentuk lain seperti *curve*, *gradient* dan *sight distance* yang mana akan menghasilkan satu produk (jalanraya) yang selesa dan selamat serta dapat mengurangkan kemusnahan kepada alam sekitar. Ini sekaligus menghasilkan infrastruktur yang dapat membantu di dalam meningkatkan tahap pembangunan sesuatu kawasan serta kedudukan sosio-ekonomi penduduk setempat.

Secara amnya, bagi mendapatkan jajaran jalan yang baik, faktor-faktor berikut perlu diambil kira :

1. Jajaran sebolehnya adalah satu laluan lurus yang bermula dari satu titik permulaan (*starting point*), melalui beberapa titik persilangan bagi laluan yang bukan lurus (*intersection point*) dan berakhir dengan titik akhir (*end point*).
2. Keselamatan pengguna jalanraya menjadi pertimbangan utama
3. Nilai pulangan yang terbaik bagi sesuatu lokasi jalan dan kaedah pembinaan berdasarkan peruntukan yang ada
4. Rekabentuk memungkinkan pengguna dapat menjimatkan kos dan direkabentuk dengan kelajuan yang selamat.

2.0 Pemilihan Jajaran Jalan

Sebelum sesuatu jajaran itu dipilih untuk direkabentuk, beberapa perkara seperti berikut perlu dipertimbangkan: -

1. Fungsi dan hierarki jalan yang hendak dibina
2. Populasi di sekitar kawasan cadangan jajaran jalan
3. Laluan-laluan alternatif sedia ada yang terkini (termasuk bentuk pengangkutan yang lain)
4. Isipadu atau komposisi trafik yang menggunakan laluan tersebut
5. Kemungkinan pembangunan yang terhasil daripada cadangan jalan tersebut
6. Anggaran kadar pembangunan yang akan terhasil termasuk kadar trafik yang akan dijanakan

Fungsi jalan boleh boleh dikategorikan kepada tiga iaitu:

1. Mobiliti
2. Kapasiti
3. Keselamatan

Laluan di antara dua titik terminal (*starting and ending points*) seboleh-bolehnya adalah lurus. Namun begitu, beberapa kriteria lain juga perlu diambil kira semasa merekabentuk sesuatu jajaran jalan seperti :

1. Kecuraman *gradient*
2. Guna tanah
3. Keluasan pembangunan
4. Keadaan rupabumi atau topografi
5. Lokasi jambatan dan struktur-struktur lain
6. Kawasan yang mudah banjir
7. Lintasan keretapi
8. Persimpangan jalan sedia ada
9. Faktor geologi
10. Keupayaan dari segi teknikal
11. Kesan alam sekitar

Sepanjang proses rekabentuk berlangsung, daripada perancangan jajaran awalan sehingga ke peringkat rekabentuk terperinci, jajaran atau laluan jalan kemungkinan akan mengalami pengubahsuaian bergantung kepada faktor-faktor seperti diterangkan di atas serta kompleksiti projek atau kekangan-kekangan di tapak. Semasa peringkat awal proses ini, beberapa faktor perlu dipertimbangkan termasuk kuantiti untuk kerja-kerja potong dan tambak tanah (*cut and fill*), kesesuaian di antara jajaran pugak (*vertical alignment*) dan jajaran mengufuk (*horizontal alignment*) di lokasi yang sama dan juga panjang jalan, jambatan atau terowong.

3.0 Proses Mengenalpasti Jajaran Jalan

Dalam proses mengenalpasti jajaran jalan beberapa operasi ukur akan terlibat iaitu:

1. Ukur Peninjauan (*Reconnaissance Survey*)
2. Ukur Awalan (*Preliminary Survey*)
3. Ukur Akhir Jalan (*Final Road Survey*)

3.1 Ukur Peninjauan (*Reconnaissance Survey*)

Objektif utama peninjauan adalah untuk mengenalpasti kawasan cadangan jalan secara am di samping dapat menentukan jajaran-jajaran alternatif yang sesuai untuk dipertimbangkan. Rentasan tapak (*site traverse*) adalah satu kaedah ukur peninjauan di mana informasi yang diperolehi di tapak akan dapat membantu dalam merangka cadangan jajaran jalan seperti utiliti yang terdapat di tapak, bentuk mukabumi, perumahan atau perkampungan, struktur-struktur terlibat dan aktiviti-aktiviti pertanian atau perladangan di kawasan tersebut (jika ada). Tinjauan boleh dibuat melalui darat (*land reconnaissance*) ataupun melalui udara (*aerial reconnaissance*) bagi sesuatu projek jalan yang besar di mana kebiasaannya tinjauan melalui udara akan membolehkan gambaran yang lebih jelas diperolehi.

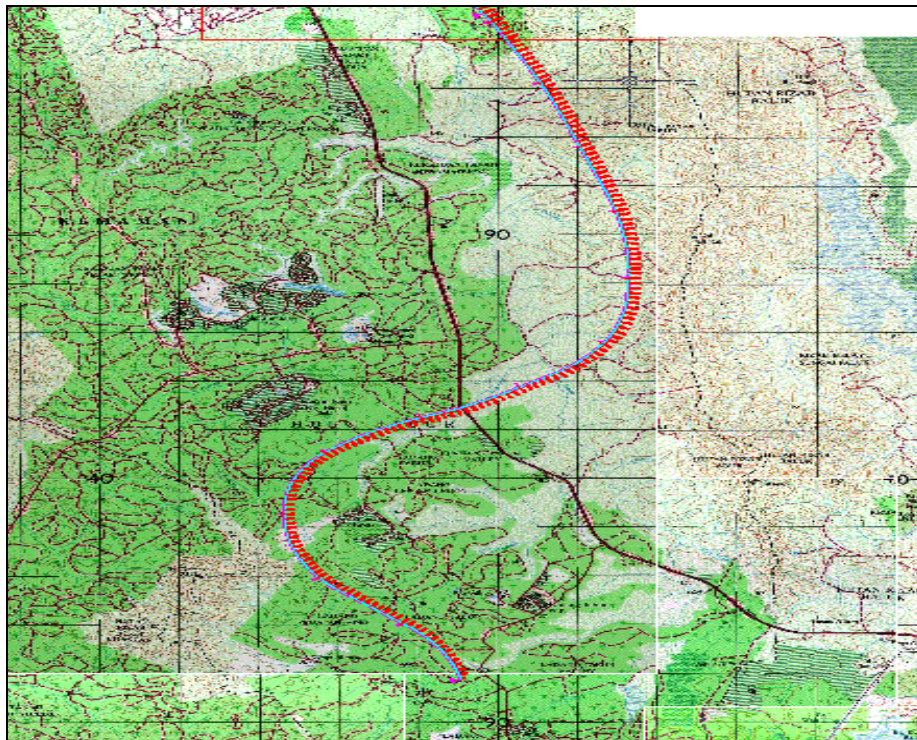
Seterusnya perekabentuk akan menentukan kelebaran koridor yang diperlukan bagi kerja ukur awalan dalam bentuk *corridor* atau *strip survey* dijalankan. Ini dilakukan dengan bantuan dari peta topografi. Peta topografi yang biasanya terdapat dalam skala satu inci (1") kepada satu batu (1 mile) dengan sela kontur lima puluh kaki (50"), nisbah 1:25,000 dan sebagainya. *Aerial photograph* atau gambar dari udara sekiranya ada, adalah sumber tambahan yang amat membantu dalam memilih jajaran jalan kerana ianya dapat memberikan satu pandangan yang lebih jelas.

LIDAR (*Light Detector Ranging*) merupakan satu kaedah terkini di dalam bidang ukur dan pemetaan. LIDAR menyediakan informasi mukabumi dengan skala 1:1,000 dan menggunakan helikopter atau pesawat ringan, namun teknologi ini mampu mengakses data sehingga 200 kHz atau 200,000 titik per detik. Teknologi ini sememangnya

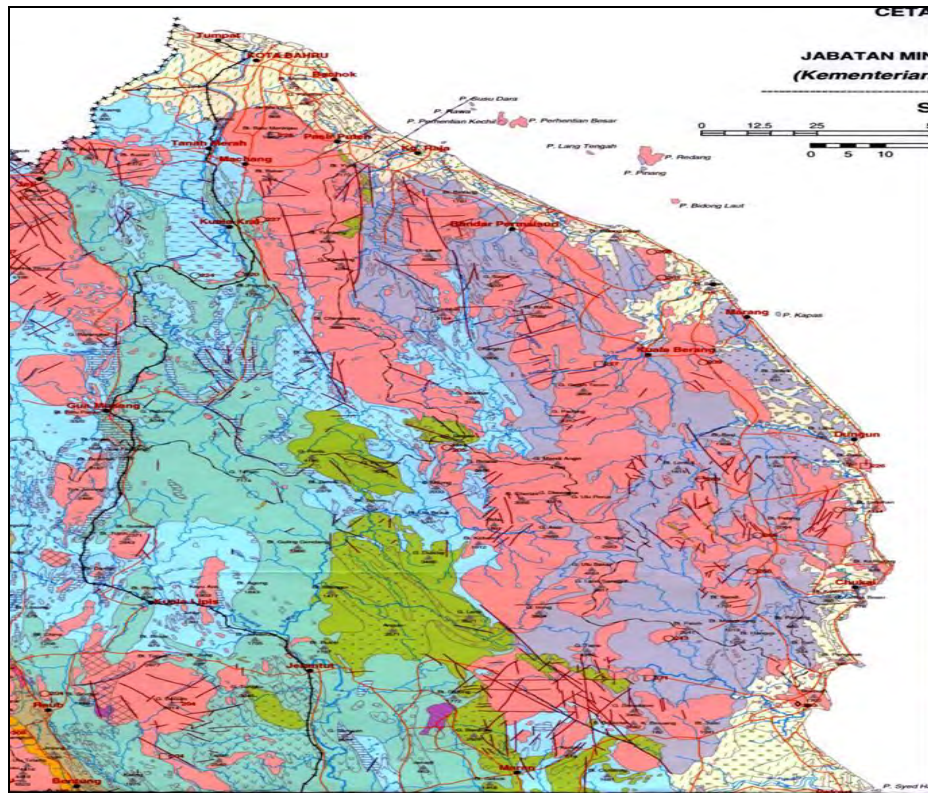
membantu dalam mendapatkan data yang tepat dan jitu walaupun menelan kos yang lebih tinggi.

Data yang diperolehi akan dijadikan dalam bentuk *Digital Terrain Model* (DTM). DTM ini adalah penyimpanan data tentang topografi sesuatu kawasan mukabumi. Model ini adalah gabungan kordinat (x,y,z) dari titik-titik secara digital yang mewakili sesuatu kawasan mukabumi. *Google Earth* adalah satu contoh penggunaan DTM.

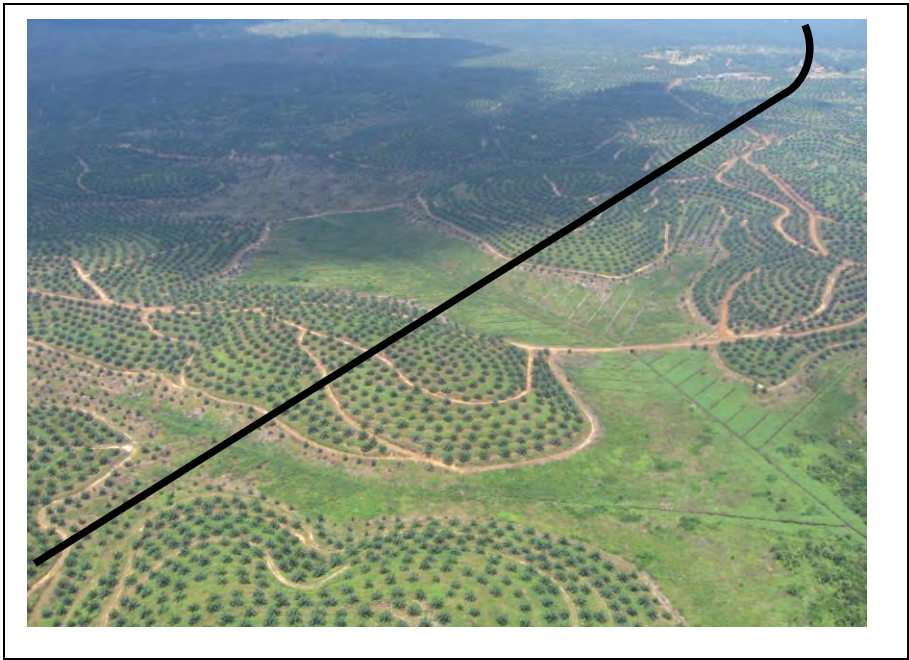
Selain daripada itu, kajian geologi di kawasan cadangan juga akan dilakukan semasa lawatan tapak. Peta geologi dapat membantu dalam pengenalpastian ciri-ciri serta rupabumi yang ada pada kawasan tersebut bagi mengesahkan kesesuaian jajaran yang dipilih dari segi struktur geologinya dan juga kawasan tadahan (*catchment basin*) yang terlibat.



PETA TOPOGRAFI YANG BIASA DIGUNAKAN



PETA GEOLOGI



CADANGAN JAJARAN JALAN MENGGUNAKAN AERIAL FOTOGRAF

3.2 Ukur Awalan

Setelah cadangan lokasi jajaran jalan dikenalpasti, maka proses seterusnya adalah ukur di tapak atau lebih dikenali sebagai ukur awalan. Pada peringkat ini pasukan jurukur tanah akan turun ke tapak untuk melakukan kerja-kerja ukur di mana data yang lebih terperinci akan dapat diperolehi seperti kedudukan bangunan, utiliti dan butir-butir penting lain dalam cadangan koridor. Pada kebiasannya jurukur tanah akan melebirkankan lagi kelebaran koridor yang diukur supaya sebarang informasi tambahan yang diukur dapat digunakan semasa pemilihan jajaran jalan muktamad dibuat.

Sebelum sesuatu laluan di pilih sebagai jajaran muktamad, beberapa perkara berkaitan pengambilan balik tanah perlu dipertimbangkan. Proses pengambilan balik tanah boleh mengambil masa yang lama dan sekiranya tidak dikurangkan pengambilan tanah ke tahap paling minima terutamanya di kawasan-kawasan membangun, maka kos keseluruhan projek akan meningkat. Untuk mengelakkan perkara ini berlaku, seboleh-bolehnya: -

1. Elakkan kedudukan jalan di atas tanah yang mahal nilainya.
2. Elakkan lokasi jalan berada di tengah-tengah lot tanah. Adalah lebih baik sekiranya jajaran jalan di sepanjang tepi lot tanah yang terlibat supaya tidak perlu mengambil keseluruhan lot yang terlibat atau sekiranya tidak diambil keseluruhannya, ia akan menyusutkan lagi nilai guna tanah yang berbaki untuk tuan tanah.
3. Elakkan kawasan di mana kerja-kerja tanah akan mengakibatkan kos yang tinggi seperti di kawasan hutan simpanan.
4. Elakkan jajaran jalan melalui kawasan atau hartanah yang mempunyai nilai sejarah, estetik atau yang akan mengundang isu sensitif bagi penduduk setempat seperti masjid, kuil atau tanah perkuburan.



DATA UKUR SETELAH UKUR DI TAPAK DILAKUKAN

3.3 Ukur Akhir Jalan

Pada peringkat ini, jajaran jalan yang dipilih telah dimuktamadkan. Kerja ukur ini mempunyai dua fungsi iaitu menetapkan titik tengah jalan (*road center line*) bagi cadangan jalan dan pada masa yang sama data yang diperolehi dapat membantu dalam perancangan untuk kerja pembinaan. Kerja ukur akhir melibatkan, di antara lain, perkara-perkara seperti berikut: -

1. Menanda titik tengah (*center line*)
2. Menanda aras titik tengah (*center line level*)
3. Keratan rentas di setiap stesen (*cross section*)
4. Mempastikan kedudukan struktur seperti bangunan, pagar, sempadan lot dan lain-lain adalah tepat
5. Pertemuan dengan jalan sedia ada di mana profil dan keratan rentas diukur
6. Menandakan parit dan saliran alir termasuk aras banjir maksimum

4.0 Rumusan

Jajaran jalan adalah berkait rapat dengan rekabentuk geometrik jalan. Penentuan jajaran jalan dengan mengikut kaedah seperti yang digariskan akan dapat mengenalpasti pilihan yang terbaik dan seterusnya menghasilkan kerja rekabentuk yang kurang kecacatannya. Pada dasarnya ini akan dapat menjimatkan kos pembinaan (dengan mengambilkira segala penjimatan kos yang diperolehi dari pilihan jajaran yang telah dibuat) dan memberi pulangan yang terbaik kepada kerajaan di samping menyediakan produk jalan yang selamat, selesa dan *eco-friendly*.

Kertas Kerja 2: Rekabentuk Selekoh Yang Selamat

1.0 Pernyataan Laporan

Kemalangan yang berlaku di lokasi-lokasi selekoh jalan raya sentiasa mendapat perhatian di mana-mana negara di dunia ini tanpa mengira tahap kemajuan yang dimiliki. Kajian di Denmark menunjukkan 13% dari kemalangan maut berlaku di selekoh berbahaya jalan luar bandar manakala di Perancis pula, statistik kemalangan maut di lokasi yang serupa mencecah 20% (Herrstedt and Greibe, 2001). Tidak dapat dinafikan kemalangan di kawasan selekoh adalah satu masalah besar kepada negara-negara membangun. Walaupun begitu, kadar kemalangan di selekoh juga bergantung kepada faktor lain seperti topografi dan demografi sesebuah negara.

Kemalangan di selekoh boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu: “Terbabas dan melanggar objek lain” dan “Hilang kawalan dan terbalik”. Kedua-dua jenis kemalangan ini berlaku berpunca daripada pemandu yang memasuki suatu selekoh dengan terlalu laju. Ini mungkin disebabkan oleh pemandu berkenaan memandu laju dengan sengaja, tidak memberikan perhatian yang cukup semasa memandu atau pemandu gagal menilai tahap bahaya selekoh berkenaan. Kegagalan dalam membuat penilaian yang tepat boleh berpunca daripada beberapa faktor seperti selekoh yang terlindung, kurang atau tiada penandaan jalan dan selekoh yang tajam selepas seksyen jalan yang lurus atau selepas beberapa selekoh yang tidak ketara.

Semasa memandu di selekoh, daya sisi (*lateral load*) yang tinggi dikenakan pada permukaan jalan menyebabkan permukaan agregat menjadi haus lebih cepat berbanding permukaan jalan yang lain. Kesan dari ini, kawasan selekoh menjadi licin dan seterusnya menyumbang kepada masalah keselamatan jalan. Terdapat juga kemungkinan wujudnya masalah pada rekabentuk geometrik selekoh yang berpunca daripada andaian bahawa kebanyakan pemandu akan memandu kenderaan mengikut had laju yang ditetapkan.

Penyelesaian :

- Untuk setiap selekoh yang berada bawah piawaian (*sub-standard curve*), papan tanda amaran perlu disediakan untuk memaklumkan kepada pemandu tahap bahaya pada selekoh berkenaan. Secara idealnya, satu standard perlu diwujudkan di mana selekoh yang paling berbahaya mempunyai papan tanda (yang berlainan warna) dan tanda jalan yang paling banyak.
- Jajaran jalan perlu direkabentuk supaya jalan yang dibina mempunyai jarak dan aras penglihatan jelas kepada pemandu.
- Sekiranya terdapat masalah pelanggaran berhadapan (*head-on*), garis putih berkembar perlu dipertingkatkan dengan penggunaan perabot jalan seperti **road stud** dan **flexible / delineator post** atau cat jalan yang boleh menyebabkan gegaran apabila kenderaan melalui di atasnya (**profiled line marking / rumble strips**).
- Penggunaan bahan dengan rintangan geseran (**skid resistance**) tinggi di selekoh tajam
- Pelebaran pada bahagian dalam selekoh sebagai ruang tambahan untuk mengelak.

2.0 Kriteria Rekabentuk Selekoh

Kebanyakan negara membangun mempunyai garis panduan rekabentuk geometrik yang diasaskan dari piawai negara maju seperti *UK Departmental Standard TD 9/93 'Highway Link Design'* dan „*US AASHTO Geometric Design of Highways and Streets*’. Akan tetapi garis panduan ini adakalanya tidak dapat dimanfaatkan sepenuhnya akibat dari perbezaan campuran trafik atau pembinaan jalan yang menggunakan piawai alternatif. Ini akan menghasilkan jaringan jalan yang tidak seragam lalu menimbulkan kekeliruan kepada pengguna jalan raya seperti selekoh dengan jejari (*radius*) bersaiz sederhana yang tidak begitu selamat untuk membuat pemotongan tetapi pada masa yang sama tidak pula menghindar secukupnya pemandu untuk berbuat demikian. Di bawah adalah kriteria yang mempengaruhi rekabentuk selekoh mengikut laporan '*Oversea Road Note 6: A Guide to Geometric Design*' yang diterbitkan oleh *Transport Research Lab (TRL)* pada 1988.

a. Halaju Rekabentuk, V

Halaju rekabentuk, V adalah indeks yang menghubungkan fungsi jalan, aliran trafik dan topografi selain menetapkan halaju pemanduan yang selamat. Halaju rekabentuk sebaiknya ditetapkan sebagai **85th percentile** dari kelajuan trafik yang menuju ke elemen geometrik yang diinginkan dan ia digunakan dalam

penetapan piawai minima jalan raya. Namun begitu, halaju rekabentuk boleh juga diperolehi menggunakan formula dan jadual di bawah.

$$V_{design} = \sqrt{127.R.(e + f)}$$

Di mana ;

R = radius selekoh (m)

e = *super-elevation* (m/m)

f = faktor daya geseran (0.15 sehingga 0.33)

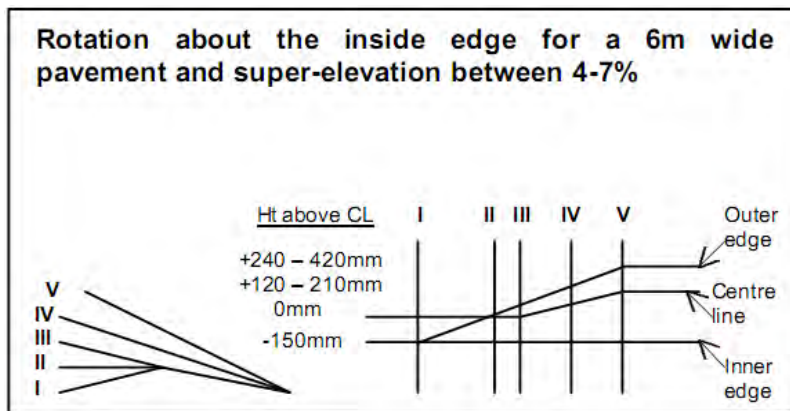
Road function	Design class	Traffic flow (ADT)	Surface type	Width		Maximum Gdt (%)	Terrain / Design speed (km/h)		
				Carriageway	Shoulder		Mountainous	Rolling	Level
Arterial	A	5,000-15,000	Paved	6.5	2.5	8	85	100	120
	B	1,000-5,000	Paved	6.5	1.0	8	70	85	100
	C	400-1,000	Paved	5.5	1.0	10	60	70	85
Collector	D	100-400	Paved / Unpaved	5.0	1.0+	10	50	60	70
Access	E	20-100	Paved / Unpaved	3.0	1.5+	15	40	50	60
	F	<20	Paved / Unpaved	2.5/3.0	Passing Places	15/20	N/A	N/A	N/A

b. Radius selekoh

Radius selekoh perlu direkabentuk lebih daripada piawaian untuk memastikan keselesaan pemandu. Sekiranya rekabentuk yang lebih rendah dari piawai terpaksa digunakan, papan tanda dan peralatan amaran secukupnya perlu digunakan. Untuk jalan 2-hala, selekoh yang mempunyai radius kurang 400m perlu dilebarkan pada lorong luar untuk memberi ruang mencukupi kepada kenderaan berat 2-gandar.

c. *Camber* dan *super-elevation*

Apabila sebuah kenderaan memasuki satu selekoh, daya geseran akan terhasil di antara permukaan jalan dan tayar. Pengurangan „*crossfall*” yang berlawanan atau pengenalan „*super-elevation*” akan membolehkan komponen berat kenderaan mengimbangi kesan daya geseran yang tidak diingini. Arah ‘*camber*’, e, perlu mengikut arah selekoh dan menyediakan *super-e* mencukupi supaya kenderaan akan bergerak masuk mengikut selekoh pada halaju rekabentuk. Sekiranya terdapat kenderaan perlahan seperti basikal atau lori, *super-e* perlu dihadkan kurang dari 5% atau bahu jalan disediakan mengikut *camber* berlawanan.



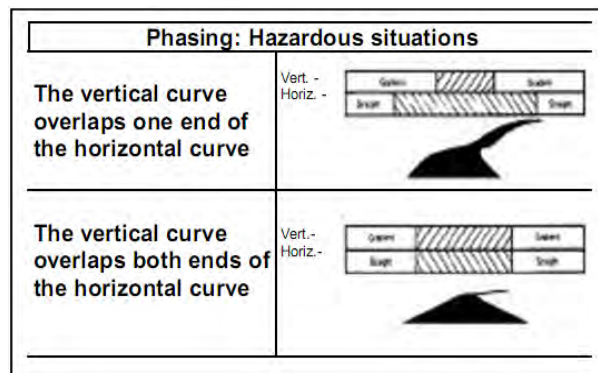
d. Rintangan geseran

Bagi mengelakkan kenderaan dari tergelincir di selekoh, permukaan jalan perlu mempunyai rintangan geseran (**skid resistance**) yang mencukupi untuk menentang daya tolakan keluar akibat dari memandu di selekoh. Rintangan geseran yang baik melibatkan tekstur makro dan mikro pada agregat. Apabila ujian rintangan geseran dijalankan menggunakan pendulum geseran, bacaan melebihi 60 adalah diperlukan. Sekiranya rintangan geseran lebih rendah daripada 60, tanda amaran „Jalan Licin” dan papan tanda had laju rendah perlu disediakan sebagai amaran kepada pemandu.

e. Jarak Penglihatan

Jarak penglihatan untuk berhenti yang selamat memerlukan selekoh direkabentuk melebihi piawaian minimum selain adanya zon bebas halangan (**clear zone**) bersebelahan jalan raya. Objek tepi jalan perlu berada pada jarak tidak kurang 1.5m dari tepi pavemen. Tindakan memotong di selekoh yang dibina pada piawaian lebih rendah dari minima adalah tidak selamat. Oleh itu, garisan berkembar dan/atau pengadang fizikal perlu diadakan untuk memberi amaran kepada pemandu.

f. Pemandangan visual



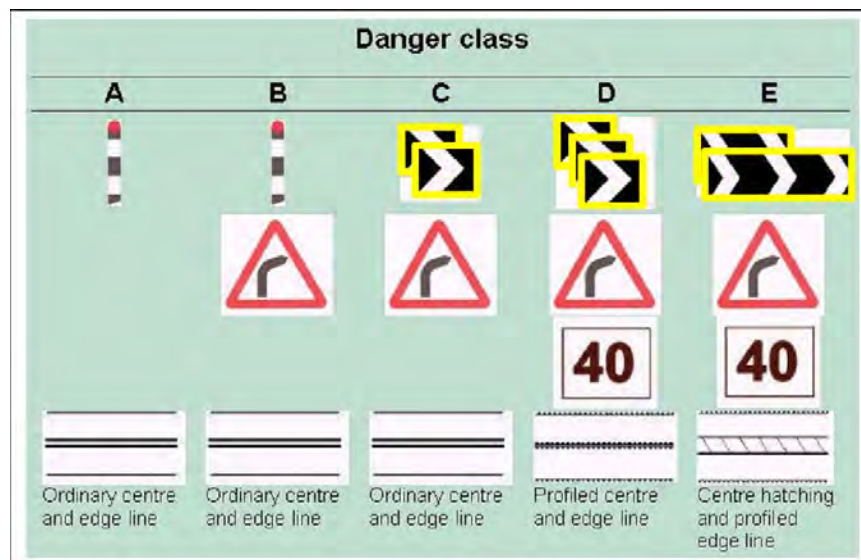
Rupabentuk visual sesebuah jalan boleh mengelirukan pemandu sekiranya kombinasi jajaran menegak dan mendatar tidak sekata sehingga menyebabkan pemandu tidak dapat memahami geometrik jalan yang akan dilaluinya. Masalah pemandangan ini lebih ketara pada jalan berkelajuan tinggi dan mempunyai selekoh dengan radius kecil. Bagi mengelakkan masalah seperti ini berlaku, sebarang perubahan pada jajaran menegak atau mendatar perlu diasingkan atau perubahan yang dilakukan pada jajaran mendatar dan menegak diseragamkan supaya mula dan tamat pada lokasi yang sama.

g. Perubahan pada jajaran

Kajian menunjukkan selekoh yang terasing dan selekoh pertama selepas seksyen jalan yang lurus merupakan lokasi yang kerap berlaku kemalangan. Sekiranya keadaan ini tidak dapat dielakkan, selekoh perlu direkabentuk supaya boleh dilalui pada kelajuan yang hampir sama dengan kelajuan pada seksyen jalan yang lurus sebelum selekoh. Satu kaedah lain yang boleh digunakan adalah dengan mengadakan satu selekoh sederhana sebelum tiba di selekoh tajam sebagai persediaan kepada pemandu selain dapat memaksa pemandu mengurangkan kelajuan. Kewujudan beberapa selekoh yang berhampiran tidak menjadi masalah sekiranya kelajuan yang konsisten dapat dikekalkan sepanjang jalan berkenaan. Jarak di antara selekoh sebaiknya mempunyai jurang masa pemanduan selama 3 saat bagi membolehkan pemandu menilai keadaan jalan yang akan dilaluinya.

3.0 Model Penetapan Papan Tanda dan Tanda Jalan di Selekoh

Herrstedt and Greibe (2001) telah membangunkan satu model untuk menentukan kategori risiko sesuatu selekoh menggunakan skala A, B, C, D dan E di mana A mempunyai risiko terendah dan E mempunyai risiko paling tinggi. Risiko dinilai dengan menentukan amaun tenaga kinetik yang perlu dikurangkan untuk sesuatu kenderaan melalui selekoh dengan selamat. Sebagai contohnya, pengurangan kelajuan dari 80 km/j ke 70 km/j mempunyai risiko yang sama seperti mengurangkan kelajuan dari 50 km/j kepada 32 km/j. Di sini dapat dilihat kategori risiko yang dibangunkan ini adalah berlandaskan andaian bahawa pada kelajuan tinggi, hanya pengurangan halaju yang kecil dibenarkan apabila menghampiri selekoh sementara perubahan halaju yang besar hanya dibenarkan pada kelajuan yang lebih rendah bagi kategori risiko yang sama.



Kedua-dua Kertas Kerja ini telah disediakan bersama oleh

Ir. Mohd Azahar bin Don
Hairol Pa Ize bin Aziz
Shahrul Nizam bin Siajam

AzaharDon@jkr.gov.my
HairolP@jkr.gov.my
ShNizam@jkr.gov.my

Unit Geometrik
Bahagian Kejuruteraan Jalan
Cawangan Kejuruteraan Jalan dan Geoteknik



<http://rakan1.jkr.gov.my/ckjg>

Further information:

Bahagian Kejuruteraan Jalan, Cawangan Kejuruteraan Jalan & Geoteknik, Jabatan Kerja Raya Malaysia

Website: <http://rakan1.jkr.gov.my/ckjg>